
RAPPORT

UPPDRAGSNUMMER 1141456

ÖVERSVÄMNINGSUTREDNING KNIVSTAÅN



2017-03-23

SWECO ENERGIDE AB

LISA CARLSSON OCH ANDERS SÖDERSTÖM

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
2	Metodik	2
2.1	Höjdmodell	2
2.2	Hydraulisk modell	2
2.3	Modifiering av Knivstaån	5
2.4	Strukturer	6
2.5	Randvillkor	9
2.6	Hydraulisk resistans	9
3	Beräkningar	11
3.1	Kalibrering	11
3.2	Flödesscenarier	13
4	Resultat	15
5	Diskussion och slutsatser	18
6	Rekommendationer	18
7	Referenser	19

1 Bakgrund

Samtliga nivåer anges i höjdsystemet RH2000.

Syftet med föreliggande utredning var att utreda översvämningsrisken för Knivstaån inom Knivsta tätort och det nya exploateringsområdet Nydal (Figur 1). Syftet var därtill att utreda vilken maximal kapacitet vattendraget har, d.v.s. hur stort flöde som kan gå i vattendraget innan det riskerar att bli översvämning vid det nya exploateringsområdet Nydal.



Figur 1. Ortofoto över sydvästra Knivsta. Med röd streckad linje markeras det nya exploateringsområdet Nydal.

Följande tre flödesscenarier studerades i föreliggande utredning:

- Medelvattenföringen (MQ)
- 50-årsflödet (Q50)
- 100-årsflödet (Q100)

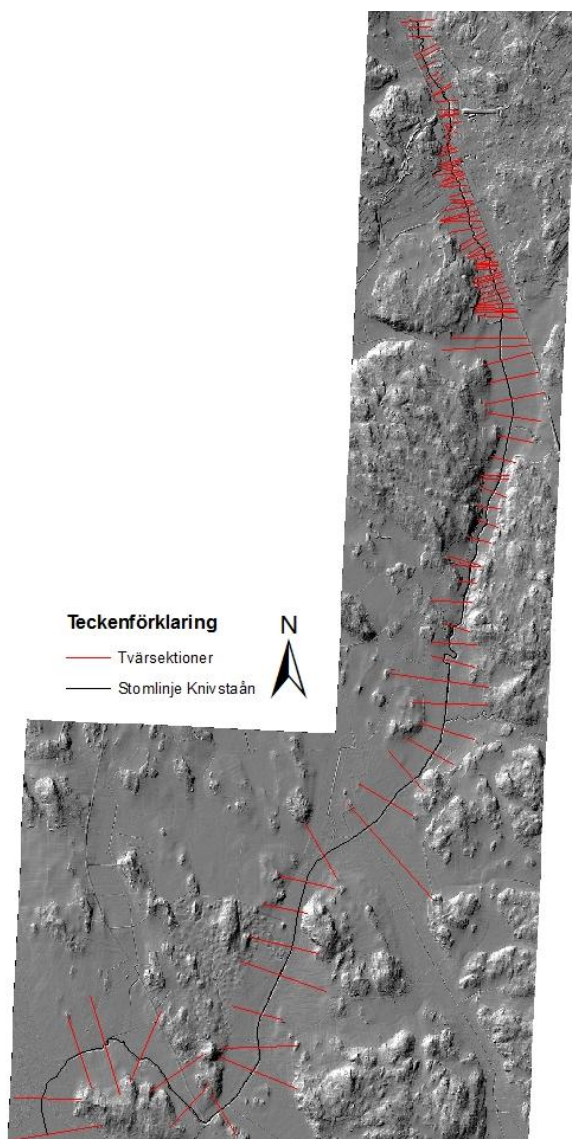
2 Metodik

2.1 Höjdmodell

En höjdmodell baserad på högupplöst laserskannad höjddata som omfattar hela det studerade området, från Trunsta träsk ned till Knivstaåns mynning i Garnsviken/Mälaren, skapades med hjälp av ArcGIS. Laserskannad höjddata innefattar bara information om höjder ovan den nivå som vattenytan låg på vid tillfället för laserskanningen. I höjdmodellen saknas således information om vattendragets batymetri. Batymetri beskriver terrängen under vattenytan och är motsvarigheten till topografi på land. För att beskriva vattendragets batymetri utfördes en manuell bearbetning av den hydrauliska modellens tvärsektioner utifrån inmätningar av bottenivåer (se Avsnitt 2.2). Höjdmodellen låg till grund för både de hydrauliska beräkningarna och karteringen av vattenutbredningen.

2.2 Hydraulisk modell

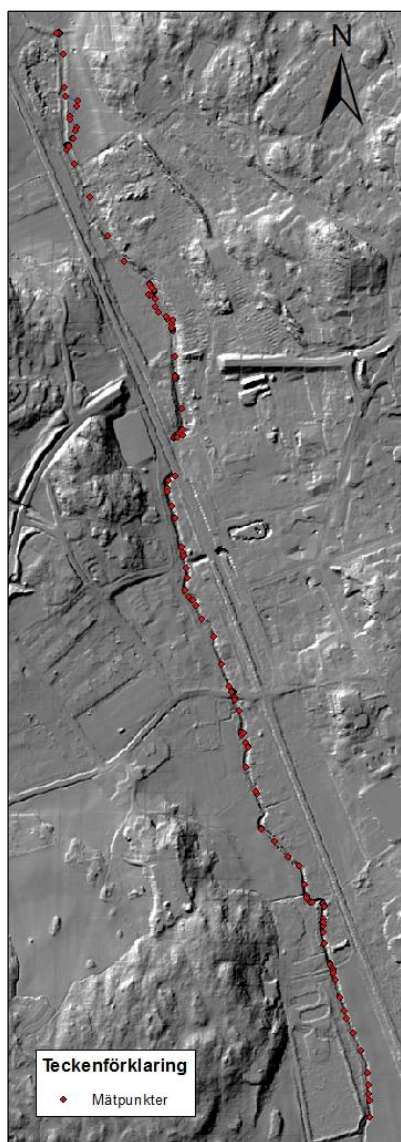
För att studera vattennivåer i Knivstaån vid de olika flödesscenarierna upprättades en hydraulisk modell över vattendraget längs en sträcka av knappt 12 km, från Trunsta träsk ned till Knivstaåns mynning i Garnsviken, Mälaren. Den hydrauliska modellen upprättades i det endimensionella beräkningsprogrammet MIKE11. Den studerade vattendragssträckan beskrivs av 105 stycken tvärsektioner (Figur 2). I de områden där vattendraget ändrar form eller har en slingrande flödesväg placerades tvärsektionerna tätare, detta för att beskriva vattendragets batymetri och flödeskaraktär så bra som möjligt. Det är i tvärsektionerna som vattenföring, Q , och vattennivå, h , beräknas.



Figur 2. Den svarta linjen visar den hydrauliska modellens sträckning, från Trunsta träsk ned till Knivstaåns mynning i Garnsviken, Mälaren. De röda linjerna visar de 105 st. tvärsektioner som beskriver vattendraget.

För att beskriva vattendragets batymetri utfördes en manuell bearbetning av samtliga tvärsektioner i den hydrauliska modellen. Den 1 februari 2017 utfördes ett platsbesök där inmätning av Knivstaåns bottennivåer utfördes (Sweco, 2017). Bottennivåer mättes in längs en sträcka av ca 2,5 km, från Trunsta träsk ned till reningsverket lokaliserat sydväst om Knivsta tätort (Figur 3). För de 61 stycken tvärsektioner som är lokaliserade längs sträckan där inmätningar fanns att tillgå justerades höjder inom vattendraget till att överstämja med de inmätta bottennivåerna. För de 44 stycken tvärsektioner som är lokaliserade nedströms reningsverket avsåntes höjder inom vattendraget med 0,6 m. Att

sänka av tvärsektionerna med 0,6 m är en konservativ uppskattning vilken baserades på information från inmätningen av bottenivåer i området uppströms reningsverket.



Figur 3. Inmätningar av bottenivåer utfördes längs en sträcka av ca 2,5 km, från Trunsta träsk ned till reningsverket. De röda punkterna visar exakt lokalisering av platserna där inmätning utfördes.

2.3 Modifiering av Knivstaån

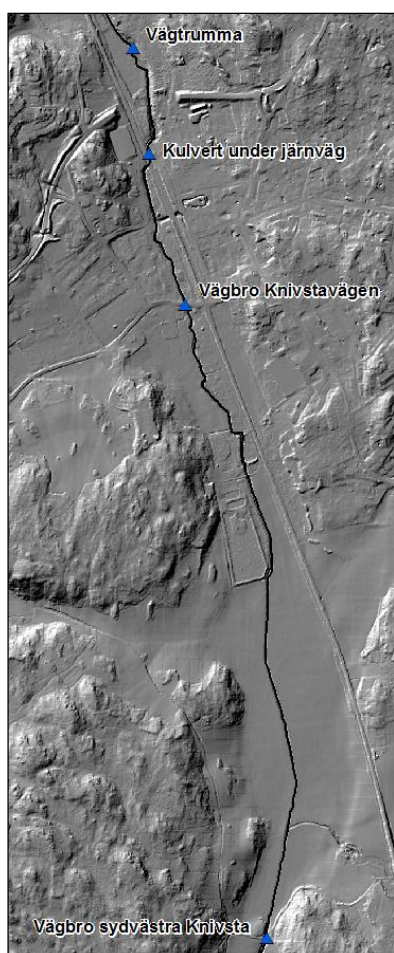
Mellan Trunsta träsk och kulverten under järnvägen finns två sträckor där Knivstaån har modifierats genom att meandrande sträckor har skapats (Figur 4). I naturliga fall uppstår meandrande vattendragssträckor till följd av erosion i ytterkurvorna av vattendraget och sedimentation i innerkurvorna, vilket medför att vattendraget slingrar sig fram. I föreliggande utredning har inte vattennivån beräknats i detalj i de meandrande sträckorna. Tvärsektioner, där vattennivåer beräknas, placerades upp- respektive nedströms de båda meandrande sträckorna. Vid uppströmsändan av den meandrande sträckan som ligger närmast Knivsta tätort finns en kulvert (en vägtrumma med innerdiametern 1,2 m) vilken lades in i den hydrauliska modellen (se Avsnitt 2.4).



Figur 4. Den meandrande sträckan som ligger längst nedströms, d.v.s. närmast Knivsta tätort. Foto: Emanuel Pettersson, 2017-02-01.

2.4 Strukturer

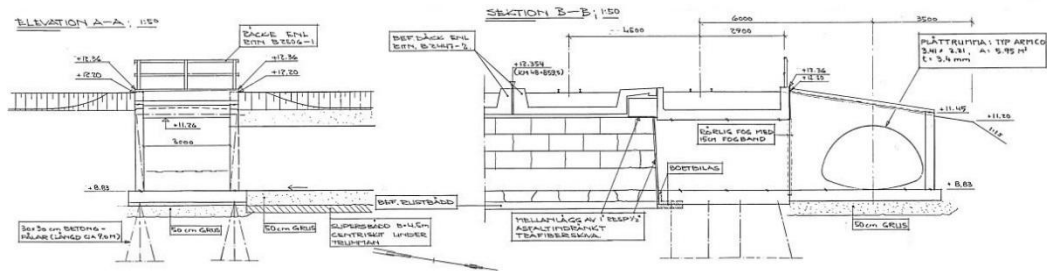
Fyra strukturer lades in i den hydrauliska modellen, en vägtrumma, en kulvert som löper under järnvägen mitt i centrala Knivsta samt två vägbroar, en vid Knivstavägen samt en i sydvästra utkanten av Knivsta (Figur 5).



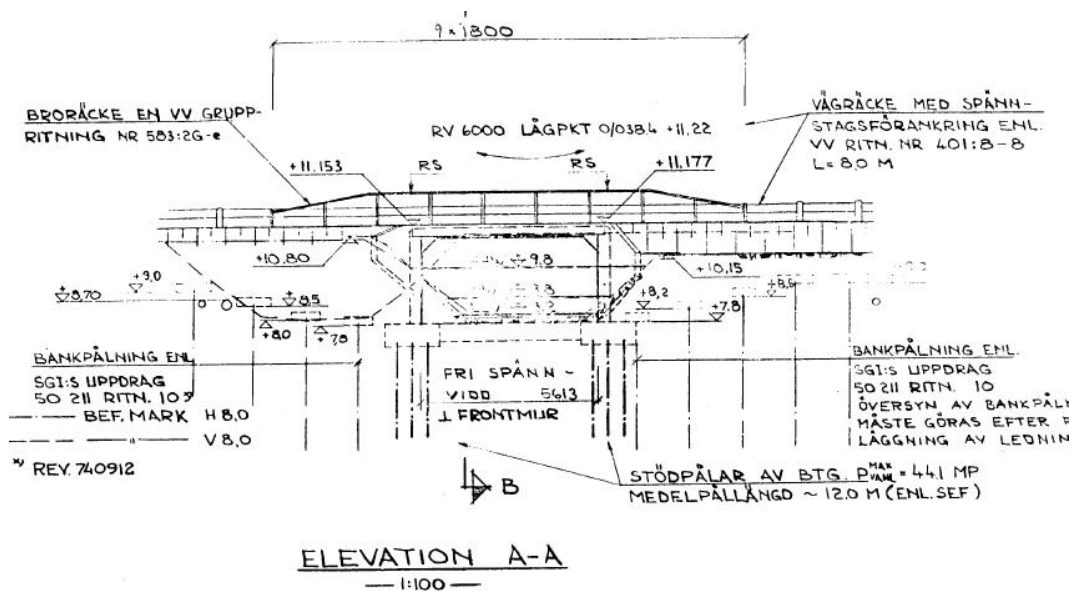
Figur 5. De blå trianglarna visar lokaliseringen för de fyra strukturer som lades in i den hydrauliska modellen.

För vägtrumman saknades ritning. Vägtrumman mättes in vid platsbesöket och lades in i den hydrauliska modellen som en cirkulär kulvert med diametern 1,2 m. För kulverten under järnvägen och vägbron i sydvästra utkanten av Knivsta fanns ritningar att tillgå på Trafikverkets webbaserade tjänst BaTMan (Trafikverket, 2017). Ritningen över vägbron utmed Knivstavägen tillhandahölls av Knivsta Kommun. Ritningarna digitaliserades och implementerades i den hydrauliska modellen (Figur 6, Figur 7 och Figur 8). Utifrån höjdmodellen samt information från inmätningen kunde nivåerna i ritningarna anpassas till att överensstämna med övriga nivåer i den hydrauliska modellen, angivna i höjdsystemet RH2000.

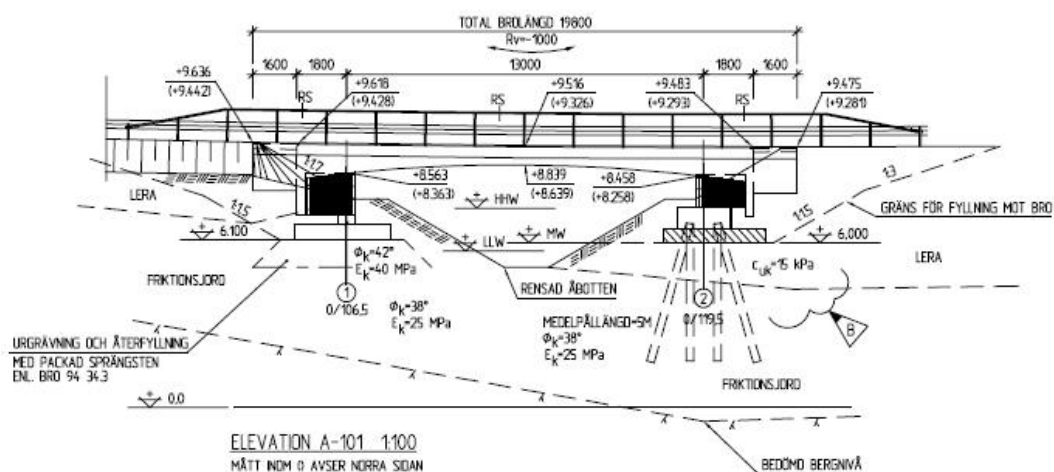
Kulverten under järnvägen har olika form vid in- respektive utloppet. Vid inloppet består kulverten av en oval plåttrumma och vid utloppet är kulverten rektangulär. I MIKE11 kan en kulvert ej ha olika form vid in- respektive utloppet. Eftersom inloppet till kulverten är mindre än utloppet, och således begränsande, lades formen av den ovala plåttrumman in i den hydrauliska modellen.



Figur 6. Ritning över kulverten under järnvägen som är lokaliserad mitt i centrala Knivsta (Trafikverket, 2017).



Figur 7. Ritning över vägbron som är lokaliserad utmed Knivstavägen (Knivsta Kommun, 2017).



Figur 8. Ritning över vägbron som är lokaliserad i sydvästra utkanten av Knivsta (Trafikverket, 2017).

Utöver de fyra strukturerna lades därtill två trösklar in i den hydrauliska modellen över Knivstaån. Trösklarna är lokaliserade vid Trunsta träsk utlopp respektive ca 300 m nedströms kulverten som löper under järnvägen mitt i centrala Knivsta (Figur 9 och Figur 10). De båda trösklarna lades in som tvärsektioner i den hydrauliska modellen vilka sedan justerades utifrån inmätningarna som utfördes vid platsbesöket.



Figur 9. Tröskeln lokaliserad vid Trunsta träsk utlopp. Foto: Emanuel Petterson, 2017-02-01.



Figur 10. Tröskeln lokaliserad ca 300 m nedströms kulverten som löper under järnvägen mitt i centrala Knivsta. Foto: Anders Söderström, 2017-02-01.

2.5 Randvillkor

Uppströms randvillkor utgjordes av vattenföringen (konstanta flöden) i Knivstaån och nedströms randvillkor utgjordes av vattennivån i Mälaren. Vid simuleringen av medelvattenföringen (MQ) användes Mälarens medelvattenstånd som nedströms randvillkor och vid simulering av höglöden (Q50 och Q100) användes Mälarens högsta vattenstånd som nedströms randvillkor. Mälarens medelvattenstånd (MW) uppgår till +0,86 m och Mälarens högsta vattenstånd (HHW) uppgår till +1,42 m (SMHI, 2017). Ytterligare ett randvillkor användes i den hydrauliska modellen, Lövstaåns inflöde i Knivstaån.

2.6 Hydraulisk resistans

Den hydrauliska resistansen beskrivs med Mannings tal (M). Mannings tal kan anta värden mellan 10 och 100, där $M = 100$ beskriver vattendrag med slät botten och $M = 10$ beskriver vattendrag med tät vegetation eller skrovlig botten (DHI, 2014). Mannings tal ansattes till $10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Valet av Mannings tal baserades observationer från platsbesöket (Figur 11 och Figur 12).



Figur 11. Foto som visar den rika växtligheten vid Knivstaån. Den täta vegetationen utgör ett motstånd till vattenflödet. Foto: Anders Söderström, 2017-02-01.



Figur 12. Foto som visar den rika växtligheten vid Knivstaån. Den täta vegetationen utgör ett motstånd till vattenflödet. Foto: Anders Söderström, 2017-02-01.

3 Beräkningar

3.1 Kalibrering

Kalibreringen av den hydrauliska modellen baserades på vattennivåer som mättes in vid platsbesöket 2017-02-01. Vid dagen för platsbesöket var vattenföringen i Knivstaån av storleksordningen 5-10 l/s, vilket ungefär motsvarar lägsta lågvattenföring (LLQ). Vid kalibreringen användes således vattenföringen 6 l/s (LLQ) som uppströms randvillkor. Vid kalibreringen lades fokus främst på den delen av Knivstaån som angränsar till det nya exploateringsområdet Nydal.

Beräknad vattennivå ligger 7-31 cm lägre än inmätt vattennivå och det genomsnittliga värdet är ca 16 cm (Figur 13). Att beräknad vattennivå är lägre än inmätt vattennivå bedöms vara rimligt eftersom botten på vattendraget utgörs av trädrötter och steniga partier där bildäck och annan dämmande bråte har ansamlats vilket är svårt att ta hänsyn till i den hydrauliska modellen.



Figur 13. Inmätta vattennivåer 2017-02-01 (blå text) och beräknade vattennivåer (röd text) vid LLQ = 6 l/s.

Ungefär 75 m nedströms vägbron som löper utmed Knivstavägen korsas vattendraget av en gjutjärnsledning med okänd funktion som är kringbyggd av en skyddande träkonstruktion som dämmer upp vattendraget (Figur 14). Längs den trädbeväxta sträckan nedströms Knivstavägen har därtill bräddor, bildäck mm. ansamlats vid trädrötterna (Figur 15). Gjutjärnsledningen och bråten nedströms Knivstavägen är svåra att ta hänsyn till vid den hydrauliska modelleringen och de utgör bra exempel på varför beräknad vattennivå ligger lägre än inmätt vattennivå.



Figur 14. Träbeklädd gjutjärnsledning som löper tvärs över Knivstaån ca 75 m nedströms Knivstavägen.



Figur 15. Trädrötter, bräddor, bildäck mm. lokaliserade ca 150 m nedströms Knivstavägen.

Sammanfattningsvis är det utifrån kalibreringen svårt att exakt kvantifiera den hydrauliska modellens noggrannhet som ett mått uttryckt i cm. Det beror på ett mycket lågt flöde vid dagen för inmätningen i kombination med trädrötter, bråte och små dämmande strukturer i vattendraget som orsakar små lokala uppdämningar.

3.2 Flödesscenarier

Tre olika flödesscenarier simulerades, medelvattenföringen (MQ), 50-årsflödet (Q50) samt 100-årsflödet (Q100). Vattenflödena beräknades med Vägverkets metodik beskriven i rapporten *VVMB 310 – Hydraulisk dimensionering* (Vägverket, 2008). Metodiken bygger på nederbörds- och flödesanalys för perioden 1961-1990. Nedan redovisas de formler som användes för att beräkna de flöden som användes som randvillkor i den hydrauliska modellen.

$$MQ = Mq * N * 10^{-3} \quad (\text{Punkt 5, sid. 18})$$

$$MHQ = MQ * \left(1,3 + \frac{17,5}{N} + \frac{29}{P_k + 3,5} \right) \quad (\text{Formel 112, sid. 19})$$

$$MHQ_{just} = MHQ * \text{justeringsfaktor} \quad (\text{Figur 2.2, sid. 21})$$

$$HHQ50 = MHQ_{just} * \left(3 - \frac{P_k - 5}{15} \right) \quad (\text{sid. 23})$$

$$HHQ100 = HHQ50 * 1,1 \quad (\text{sid. 24})$$

där

N = avrinningsområde (km²)

Mq = specifik medelavrinning (l/s*km²)

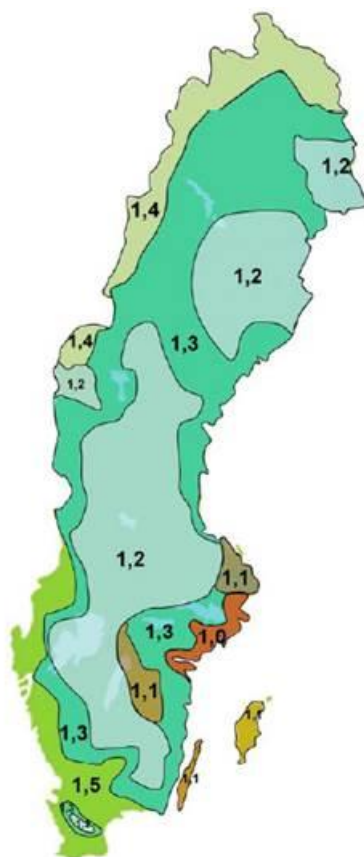
P_k = korrigerad sjöprocent (%)

I Tabell 1 nedan redovisas de flöden som användes som randvillkor i den hydrauliska modellen.

Tabell 1. Vattenflöden (m³/s) som användes som randvillkor i den hydrauliska modellen.

Beskrivning	MQ (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Uppströms randvillkor, Trunsta träsk	0,23	8,88	9,76
Lövstaåns inflöde i Knivstaån	0,33	4,82	5,30

Vid flödesberäkningarna har hänsyn tagits till framtida klimatförändringar. Det går att läsa följande i Vägverkets rapport: *"En pågående klimatförändring medför bl.a. en förändring av dimensionerande förutsättning för vissa ställen, från att tidigare ha varit vårflood i samband med snösmältning till att övergå till mer långvariga och intensiva regn. Detta innebär att framräknade högvattenföringar bör justeras med en faktor beroende på var i landet avrinningsområdet är beläget"*. De i Vägverkets rapport angivna justeringsfaktorerna visas i Figur 16. Justeringsfaktorerna ska ses som riktlinjer och de beskriver i vilka delar av landet ökade flöden kan förväntas (Vägverket, 2008).



Figur 16. Justeringsfaktorer avseende förväntat förändrat klimat för beräkning av medelhögvattnenföringar (MHQ). Gäller vattendrag med avrinningsområde <math>< 150 \text{ km}^2</math> (Vägverket, 2008).

Figur 16 användes för att bestämma justeringsfaktorn som sedermera användes vid flödesberäkningarna. Justeringsfaktorn sattes till 1,3 vilket innebär att framtida vattenflöden kan förväntas vara 30 % högre.

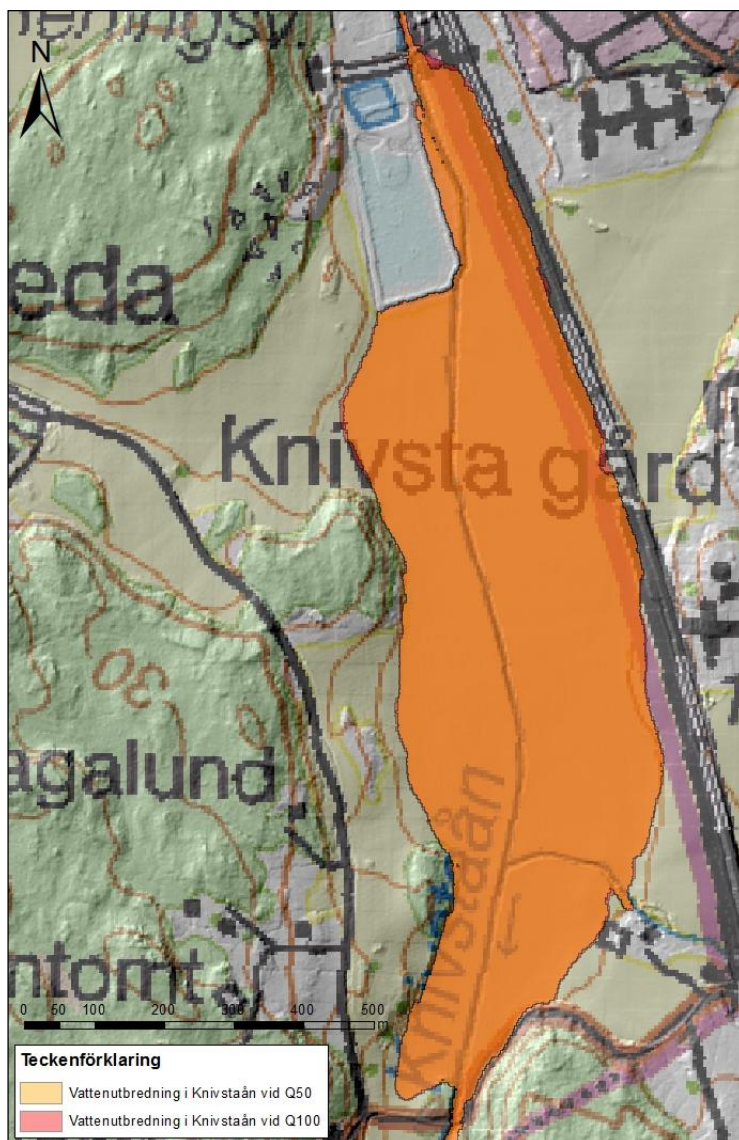
4 Resultat

Längs den sträcka av Knivstaån som angränsar till det nya exploateringsområdet Nydal har vattendraget en kapacitet om ca 9 m³/s, vilket motsvarar 50-årsflödet. Vid vattenföringen 9 m³/s börjar Knivstaån svämma över på östra sidan av vattendraget, precis nedströms vägbron som löper utmed Knivstavägen. I det här området blir det emellertid endast måttliga översvämningar nära vattendraget vid 50- och 100-årsflödet (Figur 17).



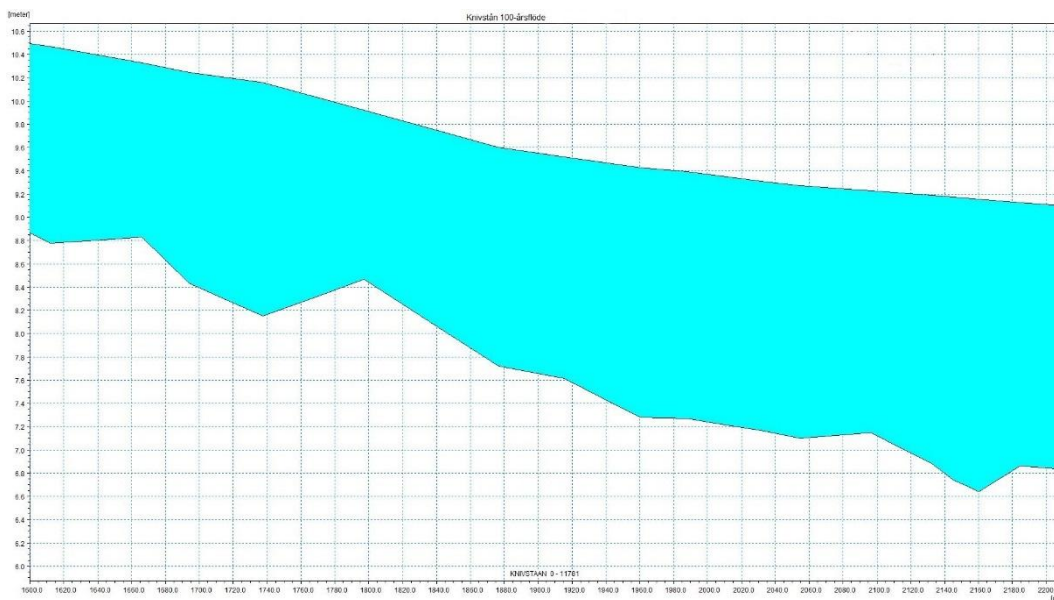
Figur 17. Vattenutbredning i Knivstaån vid 50-årsflöde (orange yta) respektive 100-årsflöde (röd yta). Den vita cirkeln visar området precis nedströms vägbron som löper utmed Knivstavägen vilket börjar svämma över vid 50- och 100-årsflöde.

I höjd med reningsverket och nedströms svämmar åkrarna över vid både 50- och 100-årsflödet (Figur 18). Översvämningarna i detta område beror dels på att åkrarna är låglänta och dels på att Lövstaån mynnar i Knivstaån ca 1 km nedströms reningsverket (Tabell 1). I det här området är 50-årsflödet 13,7 m³/s och 100-årsflödet 15,06 m³/s vilket medför liten skillnad i vattenutbredning mellan de båda flödesscenerierna.



Figur 18. Översvämningssytor 50-årsflöde (orange) och 100-årsflöde (röd). Notera att ytorna i det närmaste sammanfaller så att den röda ytan inte syns.

Vattennivåerna i Knivstaån utmed det nya exploateringsområdet Nydal varierar mellan +10,55 och +9,15 i höjdsystemet RH2000. I Figur 19 visas en vattenståndsprofil över Knivstaån vid 100-årsflödet.



Figur 19. Vattenståndsprofil över Knivstaån vid 100-årsflödet.

Norr om Gredelbyleden svämmas Knivstaån över vid 50-årsflödet. Eftersom detta område är lokaliserat utanför det nya exploateringsområdet Nydal har saken inte utretts närmare.

5 Diskussion och slutsatser

Osäkerheter i den hydrauliska modellen består i att beräknade vattennivåer vid kalibreringen är något låga jämfört med de vattennivåer som mättes in vid platsbesöket. Den skillnad som föreligger mellan beräknade och inmätta vattennivåer har accepterats eftersom beräkningen baseras på en relativt ren åfåra och att det är i det närmaste omöjligt att beakta all dämmande bråte som finns i åfåran. Dämmande bråte utgörs, som tidigare nämnts, av fallna grenar, trädstammar, brädor, bildäck mm.

Dämmande bråte påverkar främst beräkningar med mycket låga flöden, såsom det flöde som var rådande vid tillfället för inmätningen och därmed användes vid kalibreringen av den hydrauliska modellen. Den bedömning som gjorts vid modelleringen är att normal- och högvattenföring nyttjar mer av vattendragets strömningsarea och att Mannings tal möjligen är högre än $10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. De hydrauliska beräkningarna är utförda så gott som det går utifrån rådande förutsättningar och bedömningen är att resultaten är konservativa. Den hydrauliska modellen skulle kunna förbättras något om vattennivån mäts in vid normal- eller högvattenföring.

6 Rekommendationer

För att säkerställa kapaciteten $9 \text{ m}^3/\text{s}$ bör vattendraget rensas från dämmande bråte.

Bebyggelse bör inte planeras i de flacka områdena närmast vattendraget. Vattenståndsprofilen för 100-årsflödet som visas i Figur 19 är en rimlig dimensionerande vattennivå. För att tillskapa marginal eller minska risken för skador om vattendraget bräddar över kan bebyggelsen planeras med okänslig verksamhet i bottenplan, såsom parkeringsplatser eller dylikt.

7 Referenser

DHI, 2014. *MIKE 11 – A Modelling System for Rivers and Channels – Reference Manual*.

Knivsta Kommun, 2017. *Broritning över vägbron utmed Knivstavägen*.

SMHI, 2017. *Fakta om Mälaren*. [Hämtad 2017-02-08]. Tillgänglig på <<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-malaren-1.5089>>.

Sweco, 2017. *Inmätning av bottennivåer och vattennivåer i Knivstaån*.
Mätfil:170201knivsta.txt.

Trafikverket, 2017. *BaTMan – Bro och Tunnel Management*. [Hämtad 2017-02-08].
Tillgänglig på <<https://batman.trafikverket.se/externportal>>.

Vägverket, 2008. *VVMB 310 – Hydraulisk dimensionering*. Publikation 2008:61.